

魚種（海域）：マツカワ（北海道～常磐以北太平洋海域）

担当水試：栽培水産試験場（吉村圭三）

要約

評価年度：2019年度（2019年4月～2020年3月）

2019年度の漁獲量：147トン（前年比0.80）

資源評価の指標	資源状態	資源動向
漁獲量	中水準	横ばい

2019年度は一部海域の漁獲量が未集計で解析を行えなかったため、緊急措置として漁獲量を資源評価の指標とした。2019年度の暫定漁獲量・金額は147トン・1.8億円で、2008年度以降では最低水準となった。2017年度の種苗放流数が種苗生産不調のため計画の1/10以下となったことにより、漁獲の主体となる2歳魚が大幅に減少したことが原因と考えられた。2020年度も同様に3歳魚が大幅に減少すると予想され、漁獲量の速やかな回復は見込まれないことから、資源動向を横ばいとした。漁獲物のほとんどが放流魚と考えられるが、近年天然稚魚が発見されるなど自然再生産の活性化が示唆されている。種苗放流事業の採算性向上、自然再生産の増大等が課題である。

1. 資源の分布・生態的特徴**(1) 分布・回遊**

北海道では大部分が太平洋海域で漁獲されるが、他海域でも若干漁獲がある。本州では主に常磐以北の太平洋海域に分布する。分布水深は5～400m。広域の産卵回遊を行うことが近年、明らかにされた¹⁻³⁾。雌雄の成魚は成熟の進行に伴い北海道太平洋沿岸から産卵場である常磐（福島・茨城県）沖まで南下し、産卵後再び北海道沿岸まで北上することが実証されている。

(2) 年齢・成長（加齢の基準日：4月1日）

満年齢		1歳	2歳	3歳	4歳	5歳	6歳	7歳	8歳
全長 (cm)	オス	17	30	38	44	48	51	-	-
	メス	17	30	41	49	56	61	65	69
体重 (g)	オス	64	354	798	1,278	1,701	2,053	-	-
	メス	56	370	979	1,794	2,709	3,650	4,543	5,348

(2007～2018年栽培・釧路・函館水試，青森県・福島県・茨城県水試測定資料)

(3) 成熟年齢・成熟体長

・オス：成熟開始年齢 2 歳，50%成熟は 3 歳，全長 39cm

・メス：成熟開始年齢 3 歳，50%成熟は 4 歳，全長 54cm

(2008～2014 年の 10～12 月における栽培・釧路・函館水試，青森県・福島県・茨城県水試測定資料)

(4)産卵期・産卵場

・産卵期：2～4月（盛期3月）

・産卵場：常磐沖水深250～300m，水温4～8℃

2. 漁業の概要

(1) 操業実勢

漁業	漁期	主漁場	主要漁業	着業隻数(2018年)
沿岸漁業	4～12月	北海道の太平洋沿岸	刺し網，定置網，底建網，こぎ網	混獲が大部分のため不明
沖合底曳き網	1～4月	常磐以北の太平洋	かけまわし，トロール	青森県～茨城県 計96隻

以下の記述における海域区分は次のとおり。

- ・全道：北海道全域
- ・えりも以西：函館市南かやべ～えりも町沖の太平洋海域
- ・えりも以东：広尾町～納沙布岬の太平洋海域および根室海峡
- ・その他北海道：えりも以西・以东以外の北海道海域
- ・本州：青森県～茨城県沖の太平洋海域

全道では刺し網および定置網による漁獲が主体で，前者では沿岸のカレイ刺し網，沖合のすけとうだら刺し網等，後者では沿岸の小定置網，春・秋さけ定置網等で漁獲される。このため漁獲水深は 5～300m と幅広い。えりも以西では 4～6 月と 10～12 月の刺し網，えりも以东では 10～11 月の定置網による漁獲が特に多い（表 1，図 1～3）。

本州では沿岸漁業でも若干漁獲されるが，大部分は沖合底曳き網による。後者では 1～4 月の常磐沖，水深 200～350m が主漁場である。ただし，最も漁獲の多かった福島県の沖合底曳き網漁業が 2011 年の震災以降，休漁または試験操業中であるため，近年の本州における漁獲量は少ない（表 1，図 1～3）。

(2) 資源管理に関する取り組み

えりも以西では，共同漁業権行使規則（2005.9），資源管理協定（2016.4 更新），海区委員会指示（2006.8）により，全長 35cm 未満の個体を海中還元し，未成魚を保護する方策が定められている。えりも以东では，十勝および釧路振興局管内の各漁協で自主的に同様の措置が講じられている。

3. 漁獲量および努力量の推移

(1) 放流数と漁獲量

北海道における 100 万尾規模の人工種苗放流事業は、えりも以西を対象に 2006 年度から開始された。先行して試験放流を行ってきたえりも以東と合わせ、年間 89 万～149 万尾（2017 年度を除く）が放流された（図 4）。放流は 8～11 月に両海域合わせて約 50 地点で行われ、2019 年度は全長 73～133mm の種苗が 1 地点あたり平均 2.3 万尾、計 117 万尾放流された。ただし、2017 年度は種苗生産機関である北海道栽培漁業振興公社における著しい生産不調のため、23 地点（うちえりも以東 1 地点）から計 7.0 万尾（0.5 万尾）の放流に留まった（図 4）。なお、種苗生産技術開発および放流事業の経緯は萱場⁴⁾により詳述されている。

1994 年以前の全道における漁獲量は断片的な情報しかない。日高および十勝振興局管内の三漁協における 1965 年以降の資料によると、1970 年代前半までは一漁協で最大 50 トン台の漁獲があったが、1970 年代後半から急減し、1980 年代には合わせて 1 トン未満となった。統計が整備された 1994 年度においても全道の漁獲量は 1 トン台であったが、試験放流に伴い徐々に増加し、2003 年度には 11 トンとなった。最初の大規模放流群（2006 年度放流群）が 2 歳に達した 2008 年度に漁獲量は 134 トンまで急増し、2009～2018 年度以降は 150～190 トンで推移した。本州の漁獲量は全道と同様に推移し、1990 年代には 1 トン未満～1 トン台であったものが 2000 年代に徐々に増加、2008～2010 年に 20～30 トン台まで急増した。しかし 2011 年の震災以降は減少し、近年は 10 トン未満となる年が多い（表 1、図 1）。2019 年度の暫定漁獲量は、全道で 134 トン（一部海域は未集計）、本州を合わせると 147 トンで、いずれも 2008 年以降では最低水準となった。これは、後述するように 2017 年度の放流数が少なかったことが主因と考えられる。暫定漁獲金額は全道 1.77 億円、本州を合わせて 1.84 億円であった。平均単価は 1,249 円/kg で、2018 年度（1,217 円/kg）をやや上回った（表 1）。

(2) 漁獲努力量

マツカワを主対象とした漁業はほとんどないため、漁獲努力量を正確に把握することは困難である。

4. 資源状態

(1) 現在までの資源動向

・ 年齢別漁獲尾数

2019 年度の総漁獲尾数等は、上述のとおり一部海域の漁獲統計が得られていないため、未集計である。2002～2007 年度の総漁獲尾数は 1.5 万～7.2 万尾で推移したが、大規模放流群が 2 歳に達した 2008 年度に 19 万尾まで急増、2009 年度には 22 万尾に達した。2010

年度以降はやや減少し、15万～17万尾で推移している。年齢構成をみると2009年度までは、ほとんどが2歳および3歳であったが、2010年度以降、4歳以上が徐々に増加し、2015年度以降は約3万尾、漁獲の20%前後を占めている（図5）。

2019年度の漁獲量減少要因について、集計が完了しているえりも以西の年齢別漁獲尾数を用いて検討した（図6）。えりも以西における近年（2016～2018年度平均）の年齢別漁獲尾数を月別にみると（図6上）、2歳が周年20%以上を占め、特に10～12月には50%以上まで増加するのに対し、2019年度は2歳が著しく少なく、周年15%以下であった（図6）。2019年度に2歳となるのは上述のように種苗生産不調だった2017年放流群であることから、放流数の大幅減が漁獲量減少の主因であると推察された。同様に、2020年度には3歳の漁獲が大幅に減少し、特にその割合が高い4～6月の漁獲量に大きな影響が及ぶと予想される。

・年齢別資源尾数と漁獲割合

2019年度の資源尾数については、一部海域の年齢別漁獲尾数が未集計であるため、未計算である。総資源尾数は2002～2006年度まで7万～16万尾であったが、大規模放流群が加入した2007年度に60万尾、2008年度に86万尾まで急増した。2009～2017年度は80万尾前後で推移したが、2018年度は1歳（放流数が激減した2017年級群）の加入が極めて少ないことにより総資源尾数は47万尾に急減した（図7）。

雌雄別の資源尾数をみると、雌雄比は概ね1:1で推移しているが、2016～2018年度は雄に偏った傾向がみられ56～59%を雄が占めた（図7）。マツカワは種苗生産において性比の変動が起りやすく、2013～2016年度に生産された種苗は雄に偏っていた⁵⁾。漁獲物の性比をみても（図14）当該年生まれの個体は雄が多いことから、種苗の性比が資源の性比に反映されたと考えられた。

年齢構成の推移をみると、雌雄ともに2009年度まではほとんどが1～3歳であったが、2010年度以降4歳以上が徐々に増加し、2017年度は雄で計2.8万尾（5.6%）、雌では計4.8万尾（14.2%）に達している（図7）。

漁獲割合の推移を雌雄・年齢別にみると（図8）、2歳の漁獲割合は雌雄ともに2008年度の40%台から2012年度以降は25%前後まで低下した。さらに雌の3・4歳でも同様の減少傾向がみられ、近年は30～40%程度となっている。

・年齢別資源重量

2019年度の資源重量については未計算である。総資源重量は2007年度まで100トン未満であったが、2008年度に253トン、2009年度には327トンまで急増した。2012年度以降はさらに増加し、2015～2017年度に400トン以上に達した（図9）。2018年度は、上述のように1歳となる2017年放流群の加入が著しく少なかったため総資源重量は383トンに減少したが、2歳以上はそれまで同様の水準を維持している。年齢構成をみると、2012年度以降4歳以上の重量が明瞭に増加し、2015年度以降は計100～150トンに達している。このことは、上述のように4歳以上の雌資源尾数の増加に対応している。また、

1. (3)に示したように産卵雌親魚は4歳以上が主体であることから、近年における産卵量の増加を示唆している。

(2)2019年度の資源水準：中水準

2019年度の資源重量が未計算であるため、漁獲量（2019年度は暫定漁獲量）により資源水準を判断した。2009～2018年度における平均漁獲量を100とする指数を用い、100±40の範囲を中水準、その上下をそれぞれ高水準、低水準とした。2019年度の資源水準指数は79で中水準と判断された（図10）。なお、2019年度は一部海域の漁獲量が未集計であるが、未集計分は全体の5%未満と予想されるため、これを加えても資源水準の判断が変更される可能性は低いと見込まれる。

(3)今後の資源動向：横ばい

2018年度および2019年度の放流が概ね順調に行われたことから、2020年度の2歳および1歳の資源重量はこれまでの水準に回復することが見込まれる。従って、2020年度は2歳の漁獲量は大きく増加するが、3歳（放流数が激減した2017年度放流群に相当）の漁獲量は大幅に減少すると予想される。全体として、2020年度の漁獲量は2019年度からの速やかな回復は期待できないことから、資源動向を横ばいとした。

5. 資源の利用状況

現在漁獲されているほとんどの個体には人工種苗特有の無眼側着色や鰭条紋の乱れ⁴⁾が観察されることから、放流魚由来であると考えられる。大量放流群の加入当初は2歳および3歳の漁獲割合が高く（図8）未成魚主体の漁獲であったが、近年は産卵親魚となる4歳以上の漁獲尾数が増加していることから（図5）、合理的な資源の利用に向かいつつあると評価される。これには、上述の35cm未満の漁獲制限も大きな役割を果たしてきたと考えられる。なお、2019年度の漁獲物標本には例年大きな割合を占める2歳がほとんど含まれていなかったことから、2017年度の放流数激減により加入が少なかった2歳への漁獲圧が高まった徴候は認められなかった。

さらに近年、えりも以西・以東で初めて天然稚魚が発見され⁶⁾、漁獲物中にも天然発生と考えられる個体が観察されるようになってきていること⁷⁾から、産卵親魚量の増加（図9）に伴って自然再生産が活性化していることが示唆される。現状では放流により造成された資源を直接利用しているが、今後は漁獲を継続しながらも資源の自立再生が可能となる条件と管理方策を明らかにする必要がある。そのためには天然魚のモニタリング手法の確立が急務となる。なお、具体的な管理方策については、種苗放流経費を負担する漁業者団体を始め、各県を含む関係団体の合意のもとに推進される必要がある。

大量放流群の1歳までの推定生残率（図11）は26～43%、漁獲回収率（2006～2012年放流群）も12.2～18.9%の高い水準で推移していることから（図12）、人工種苗放流に

よる資源添加効率は極めて高い。しかし、放流事業の経済的自立を図る上で、漁獲単価の向上や漁獲回収率の地域差解消、効率化による経費削減等の課題が残されている。

評価方法とデータ

(1) 資源評価に用いた漁獲統計（漁獲量）

海域	集計範囲	年度	集計元	備考
えりも以西	南かやべ以北の渡島 胆振・日高	1994-2005	水産指導所集計	
		2006-2007	北海道栽培漁業振興公社集計	
		2008-2019	漁業生産高報告	2019年度は水試集計速報値
えりも以东	十勝・釧路・根室	1994-2019	水産指導所・釧路水試集計	2019年度は水試集計速報値
その他北海道	えりも以西・以东以外	1994-2019	えりも以西と同様	2019年度は水試集計速報値
本州	青森～茨城県	1994-2019	青森・岩手・宮城・福島・茨城県水試集計	

(2) 漁獲物の全長組成（市場調査）

・えりも以西：2002～2010年度は域内全37市場において全長を測定し、月別組成を求めた。2011～2019年度は同市場の荷受け重量を尾数で除した個体重量を全長一体重関係式（月別または半期別）により全長に変換した。ただし、室蘭公設市場では月1～3回の割合で全長を実測した。

・えりも以东：十勝，釧路振興局管内7市場では主要漁業を対象に，全長の実測または個体重量からの変換により，根室振興局管内8市場では周年，個体重量からの変換により全長組成を求めた。

・本州：下表の資料に基づいて2002～2019年度の全長または年齢組成を推定した。2019年度は青森県八戸魚市場において月1～9回の割合で全長を実測した。

○は年齢組成データあり 数字は年度

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	
青森県	渡島東部							○	○	青森県2016									
岩手県	岩手県2005・2006		○	○	○	○	○	岩手県2007・2009			青森県2016								
宮城県	福島県2007・2008				福島県				福島県2009・2010						青森県 2017	青森県 2018	青森県 2019		
福島県	福島県2007・2008				○	○	○	○	-	-	-	-	-	-	-				
茨城県	福島県2007・2008				福島県				福島県2009・2010			○	○	茨城県2015					

(3) 年齢と全長との関係，全長別の雌確率（漁獲物標本）

2007～2019年度の漁獲物標本（全道，青森，福島，茨城県）における年齢－全長関係を①式(表2)で表し，雌雄別にパラメータを最尤推定した(表3，図13)。ここで，全長は正規分布し，標準偏差は平均に伴い線形的に増加すると仮定した。同標本の雌雄別全長を用いて，全長に対する雌確率を，応答変数に二項分布を仮定した一般化線型モデルまたは一般化加法モデルにより半期別に求めた。なお，同標本における性比は生年により変動し(図14)，当該年度に生産された人工種苗の性比⁵⁾と強い相関が認められたことから(p<0.001)，全標本に基づく雌確率に加えて，年度別の標本に基づく雌確率を求めた。

(4) 年齢別漁獲尾数

年齢別漁獲尾数は，それぞれ8小海区(えりも以西)，各振興局管内における延べ16

漁業種（えりも以東），海域全体（本州）を単位とし，月別に算出した。Baba *et al.*⁸⁾の方法により，(3)で求めた年齢－全長関係および雌確率を用いて，(2)で求めた漁獲物の全長組成から，雌雄別の年齢確率を算出し，それぞれの単位における漁獲尾数（漁獲量/平均体重）を乗じることにより年齢別漁獲尾数とした。漁獲全長制限（35cm）が実施されている海域については切断正規分布を用いて尤度を与えた。2006～2019年度のえりも以西については，性比の年変動を反映させる目的で年度別の雌確率を用いるとともに，放流数の差を反映させる目的で，各年度の放流数を用いて当該年齢の事前確率に重み付けした。

(5) 資源尾数および重量

年齢別資源尾数はコホート解析⁹⁻¹¹⁾により雌雄別に算出した。最高齢はそれぞれ雌7歳，雄6歳のプラスグループとした。資源尾数を以下の(1)式，最終年および最高齢の資源尾数を(2)式，漁獲死亡係数を(3)式により算出した。

$$N_{a,y} = N_{a+1,y+1} \cdot e^M + C_{a,y} \cdot e^{M/2} \quad \dots (1)$$

$$N_{a,y} = \frac{C_{a,y}}{1 - e^{-F_{a,y}}} \cdot e^{M/2} \quad \dots (2)$$

$$F_{a,y} = \ln \left(\frac{N_{a,y}}{N_{a+1,y+1}} \right) - M \quad \dots (3)$$

$$N_{a,y} = \frac{1 - e^{-(F_{a+,y+M})}}{1 - e^{-F_{a+,y}}} \cdot C_{a+,y} \cdot e^{M/2} \quad \dots (4)$$

ここで， $N_{a,y}$ はa歳のy年度の資源尾数， C は漁獲尾数， M は自然死亡係数， F は漁獲死亡係数を示す。最高齢の F は1歳下の F に等しく，最終年の F は直近3年の平均とし，これらを満たす F をMS-EXCELのソルバーを用いて探索的に求めた。プラスグループを補正するため(4)式により最高齢の資源尾数を求め，得られた結果を再計算した。最終年の1歳資源尾数は，前年の放流数に1歳までの平均生残率（表2）を乗じた尾数に置き換えた。得られた年齢別資源尾数に雌雄・年齢別平均体重を乗じて資源重量とした。解析に用いた他のパラメータを表2に示した。

文 献

- 1) Kayaba T, Wada T, Kamiyama K, Murakami O, Yoshida H, Sawaguchi S, Ichikawa T, Fujinami Y, Fukuda S. Gonadal maturation and spawning ecology of stocked female barfin flounder *Verasper moseri* off the Pacific coast of northern Japan. *Fish Sci* 2014;80:735-748.
- 2) Wada T, Kamiyama K, Shimamura S, Murakami O, Misaka T, Sasaki M, Kayaba T.

- Fishery characteristics of barfin flounder *Verasper moseri* in southern Tohoku, the major spawning ground, after the large-scale stock enhancement in Hokkaido, Japan. *Fish Sci* 2014;80:1169-1179.
- 3) Kayaba T, Wada T, Murakami O, Kamiyama K, Sawaguchi S, Kawabe R. Elucidating the spawning migration and core reproductive duration of male flatfish using sperm duct volume as an index for better fishery advice and management. *Fish Res* 2017;186:565-571.
 - 4) 萱場隆昭. 北海道におけるマツカワの栽培漁業. 「沿岸魚介類資源の増殖とリスク管理－遺伝的多様性の確保と放流効果のモニタリング－ (有瀧真人編)」恒星社厚生閣, 東京. 2013:9-21.
 - 5) 松田泰平, 田村亮一. I-3.1 放流基礎調査事業 (マツカワ種苗生産). 平成 29 年度道総研栽培水産試験場事業報告書. 2019;12-14.
 - 6) 北海道立総合研究機構水産研究本部. えりも以西海域で初めて採集されたマツカワ天然稚魚. 「試験研究は今」No. 851. 2017. (オンライン), 入手先 <https://www.hro.or.jp/list/fisheries/marine/work1/ima851.html>
 - 7) 村上修, 高橋和寛. II-7.3 放流マツカワの再生産効果の解明に向けた基礎研究. 平成 28 年度道総研栽培水産試験場事業報告書. 2017;113-115.
 - 8) Baba K, Sasaki M, Mitsutani, N. Estimation of age composition from length data by posterior probabilities based on a previous growth curve, application to *Sebastes schlegelii*. *Can J Fish Aquat Sci* 2005;62 : 2475-2483.
 - 9) Pope J.G. An investigation of the accuracy of Virtual Population Analysis. *International Commission for the Northwest Atlantic Fisheries Research Bulletin* 1972;9:65-74.
 - 10) 平松一彦. VPA(Virtual Population Analysis). 「平成 12 年度資源評価体制確立推進事業報告書－資源解析手法教科書－」社団法人日本水産資源保護協会, 東京. 2001:104-128.
 - 11) 田中昌一. 水産生物の population dynamics と漁業資源管理. 東海水研報. 1960;28:1-200.

表1 マツカワ漁獲量・金額・平均単価の推移（海域区分は本文を参照）

年度	えりも以西	えりも以东	その他北海道	本州	合計(kg)	金額(千円)	平均単価(円/kg)
1994	524	748	6	193	1,472	-	-
1995	1,062	916	6	354	2,338	-	-
1996	491	421	13	1,157	2,081	-	-
1997	678	437	41	997	2,152	-	-
1998	1,719	722	68	1,609	4,118	7,584	1,842
1999	2,701	1,040	133	350	4,224	7,278	1,723
2000	6,161	1,109	82	991	8,343	11,125	1,334
2001	7,519	770	37	1,932	10,257	15,275	1,489
2002	5,493	1,617	49	2,402	9,561	16,718	1,749
2003	7,666	3,382	83	4,632	15,763	24,363	1,546
2004	10,321	4,572	54	4,310	19,257	30,053	1,561
2005	10,120	6,187	162	5,127	21,597	34,972	1,619
2006	9,452	8,698	250	7,644	26,045	41,065	1,577
2007	19,284	18,813	308	14,183	52,587	70,829	1,347
2008	85,406	44,764	3,473	23,717	157,361	159,012	1,010
2009	120,903	44,212	4,023	30,628	199,766	204,494	1,024
2010	138,487	35,374	5,035	28,923	207,819	227,860	1,096
2011	94,728	51,966	4,184	12,117	162,995	183,022	1,123
2012	104,832	44,927	5,970	10,303	166,031	193,176	1,163
2013	126,129	38,773	5,286	12,432	182,620	209,545	1,147
2014	116,939	37,587	4,916	6,778	166,220	206,833	1,244
2015	140,628	45,388	3,934	12,089	202,039	257,100	1,273
2016	122,632	43,183	3,447	7,057	176,319	244,359	1,386
2017	146,047	46,844	3,141	11,510	207,543	273,239	1,317
2018	133,665	40,385	2,526	8,151	184,726	224,877	1,217
2019	108,954	31989*	1,859	4,626	147,428	184,101	1,249

*：一部海域は未集計

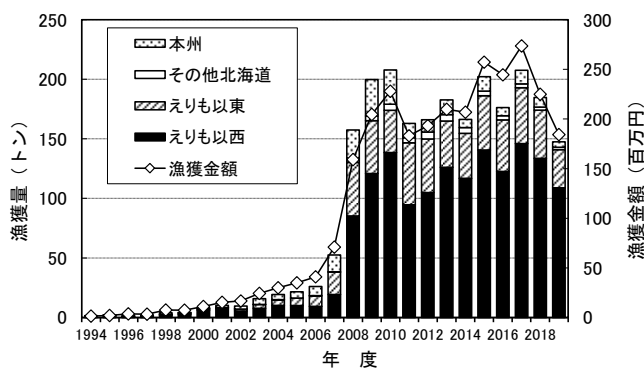


図1 マツカワ漁獲量と漁獲金額の推移
(2019年度の一部海域は未集計)

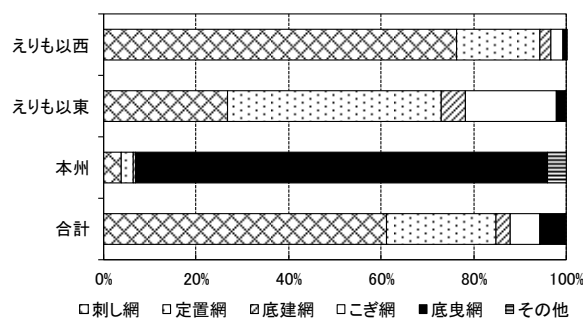


図2 マツカワ海域別・漁法別漁獲量の比率
(2014～2018年度平均)

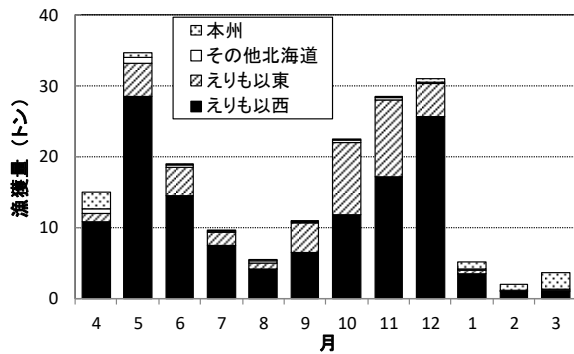


図3 マツカワ月別漁獲量
(2014～2018年度平均)

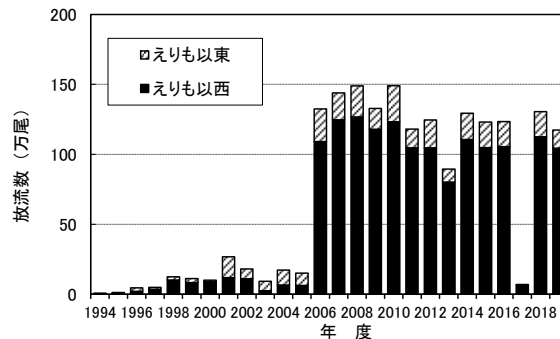


図4 北海道におけるマツカワ放流尾数の推移

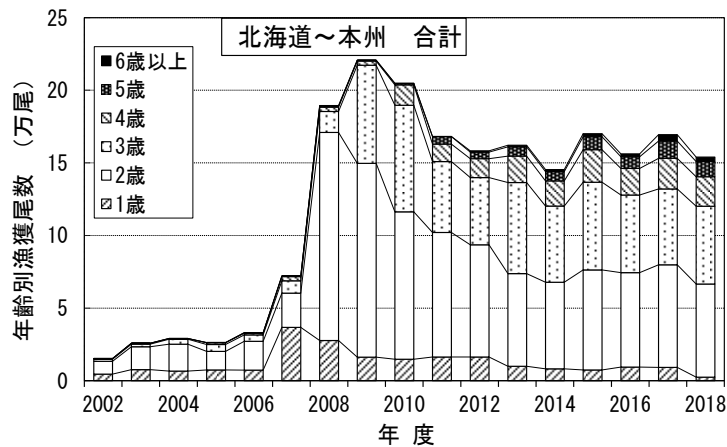


図5 マツカワ年齢別漁獲尾数の推移（北海道～本州合計）

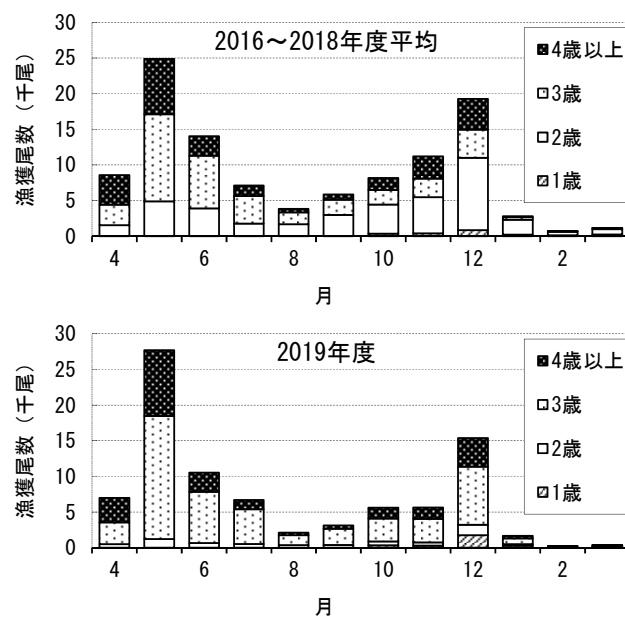


図6 えりも以西におけるマツカワ月別年齢別漁獲尾数
（上：2016～2018年度平均，下：2019年度）

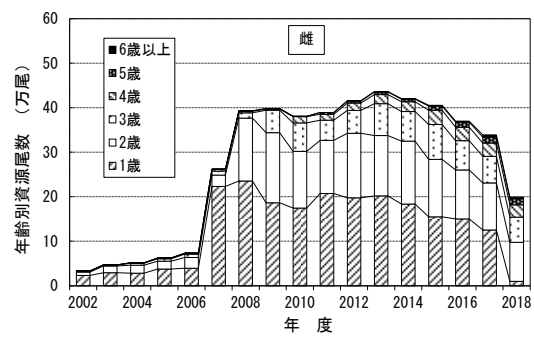
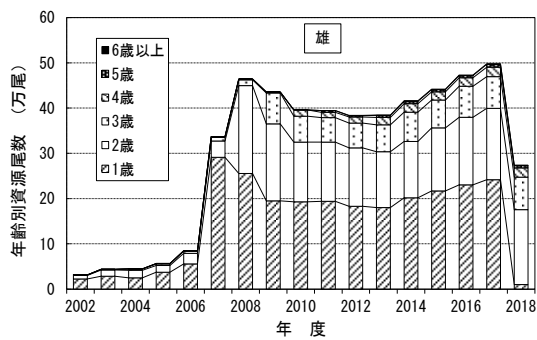
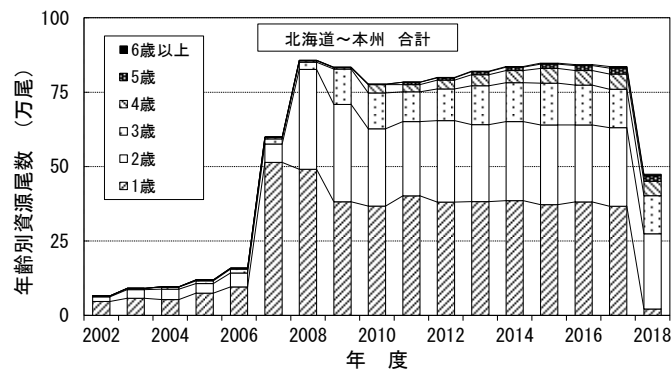


図7 マツカワ年齢別資源尾数の推移
(上：雌雄計，下左：雄，下右：雌，)

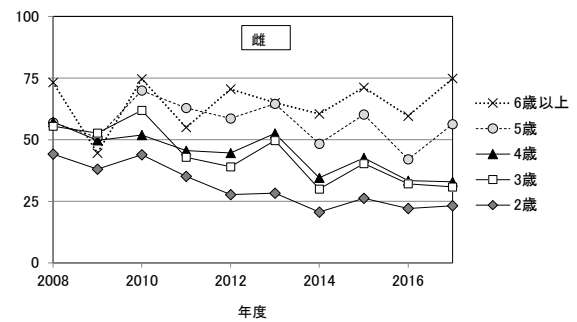
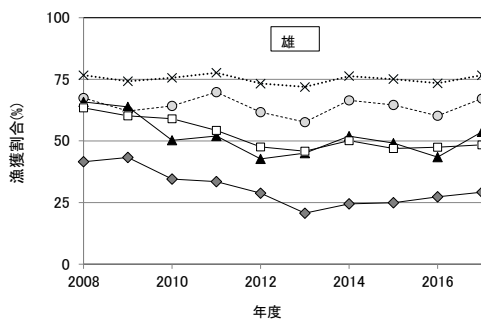


図8 年齢別漁獲割合の推移(左:雄, 右:雌)
漁獲割合：漁獲尾数/資源尾数

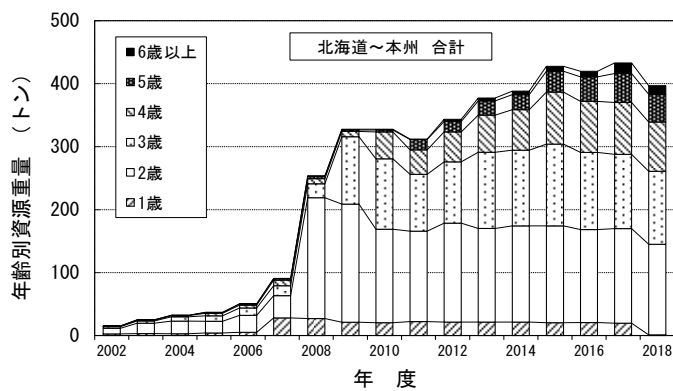


図9 マツカワ年齢別資源重量の推移

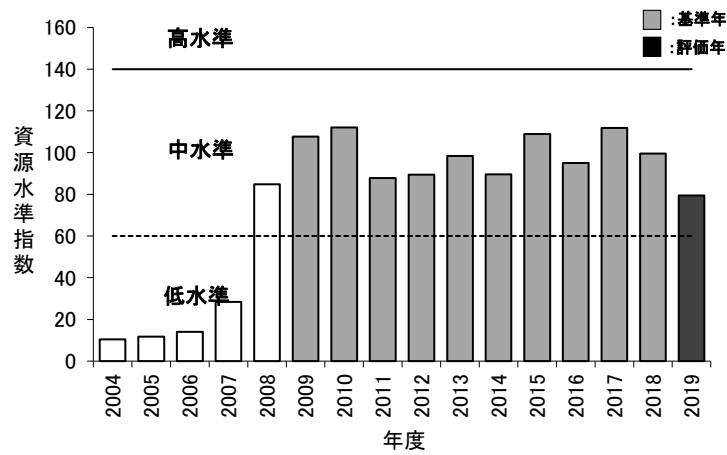


図10 マツカワ資源水準 (資源状態を表す指標：漁獲量)
基準年：2009～2018年度. 2019年度は暫定漁獲量による推定値

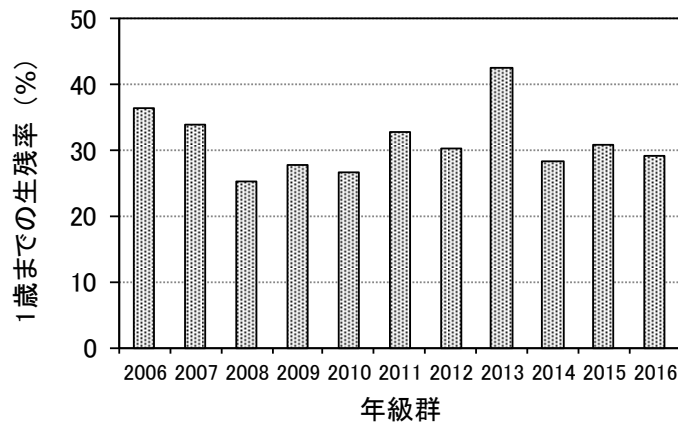


図11 1歳までの生残率(1歳資源尾数/放流尾数)の推移

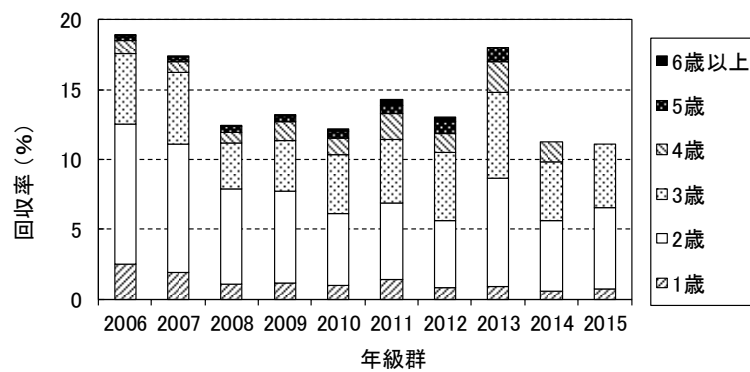


図12 漁獲回収率(累積漁獲尾数/放流尾数)の推移
2006～2012年級群は6歳まで, 2013年級群以降は順に5, 4, 3歳まで

表2 解析に使用した値および計算方法

項目	値または計算方法	備考
成長式 (mm)	①式: 季節変化を考慮したバータランフィ曲線	
自然死亡係数(寿命)	雄: M=2.5/寿命(7歳) 雌: M=2.5/寿命(8歳)	田内・田中の方法 ¹¹⁾
1歳における生残率	1歳資源尾数/放流尾数 2011～2016年級平均値	2013年級を除く

$$L_t = L_\infty (1 - e^{-k[F(t) - F(t_0)]})$$

$$F(t) = t + A \sin[2\pi(t - t_1)] / 2\pi \quad \dots \textcircled{1}$$

$$\sigma(t) = \alpha_1 + \alpha_2 t$$

L_t : t歳における全長 (mm)
 L_∞ : 極限全長
 k : 成長係数
 t_0 : 全長が0になる仮定上の年齢
 $F(t)$: 季節成長を導入するための関数
 A : 季節成長の振幅に関する係数
 t_1 : 季節成長の位相に関する係数
 $\sigma(t)$: 標準偏差
 α_1 : 標準偏差の切片
 α_2 : 標準偏差の傾き

表3 推定された成長式パラメータ

性別	L_∞	k	t_0	A	t_1	α_1	α_2	備考
雄	481.3	0.635	0.413	1.836	1.479	31.88	1.022	2007～2019
雌	835.1	0.216	0.038	1.676	1.390	30.44	5.530	

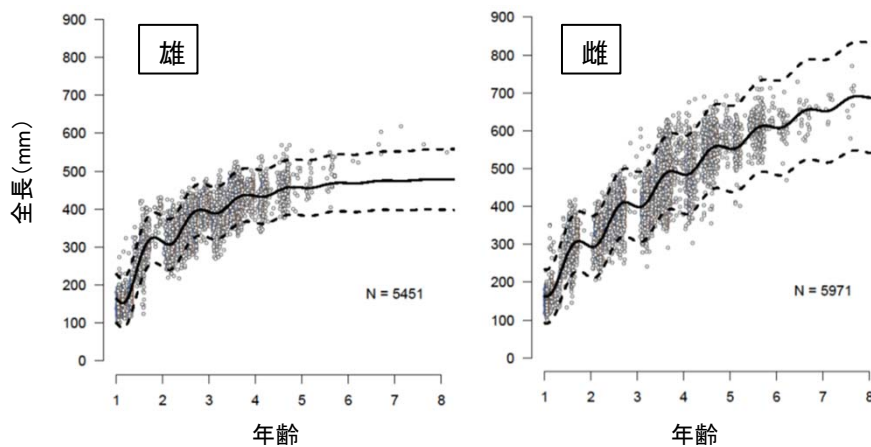


図13 マツカワの年齢－全長関係(左:雄, 右:雌. 破線は95%信頼区間)

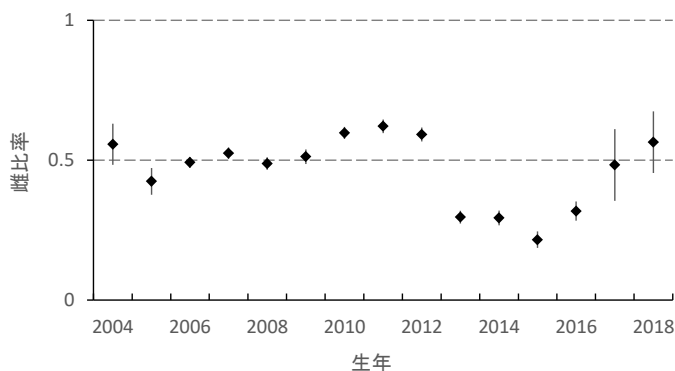


図14 漁獲物標本の生年別雌比率. エラーバーは95%信頼区間